

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: 18120051301662

UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

被动调 Q 全固体蓝光激光器

Passively Q-switched All-Solid-State Blue Laser

蔡添志

指导教师姓名: 蔡志平 教授

专 业 名 称: 光学

论文提交日期: 2008 年 5 月

论文答辩时间: 2008 年 6 月

学位授予日期: 2008 年 7 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2008 年 6 月

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。
本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1、保密（ ），在 年解密后适用本授权书。

2、不保密（ ）

（请在以上相应括号内打“√”）

作者签名：

日期： 年 月 日

导师签名：

日期： 年 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

摘 要

随着半导体技术的发展,激光二极管(LD)在功率、转换效率、运行寿命等方面有很大提高,这使得激光二极管泵浦的全固体激光器(DPSSL)得到迅速发展。DPSSL 具有全固化、体积小、泵浦效率高等优点,而蓝光激光器有着非常广泛的用途。本文主要研究被动调 Q 全固体蓝光激光器,全文主要内容如下:

首先简单介绍了激光的三能级及四能级系统,并对 Nd:YAG 晶体及其准三能级系统进行分析。

其次阐述了激光调 Q 的基本原理,及其类型与分类,并重点分析了 Cr:YAG 被动调 Q 的特性。

然后对倍频原理进行简单的介绍,比较了几种常用于蓝光激光器的倍频晶体,重点分析了 LBO 的腔内倍频特性。

最后对激光输出性能有重大影响的热透镜效应进行分析,并利用 ABCD 传输定律,对线性腔和三镜折叠腔进行了比较。根据理论分析,以 Nd:YAG 作为激光增益介质,Cr:YAG 作为吸收晶体,LBO 作为倍频晶体,设计了被动调 Q 全固体蓝光激光器,测量了 Cr:YAG 在腔内不同位置时,473nm 蓝光的平均功率、重复频率及脉宽等参数,并通过计算得到峰值功率。在线性腔下,获得了脉宽为 120ns,峰值功率为 105W,脉冲重复频率为 18.6KHz 的 473nm 蓝光脉冲输出;在三镜折叠腔下,当 Cr:YAG 位于短臂 L_2 时,获得了脉宽为 200ns,峰值功率为 55W,脉冲重复频率为 23.9KHz 的 473nm 蓝光脉冲输出;当 Cr:YAG 位于长臂 L_1 时,获得了脉宽为 320ns,峰值功率为 37W,脉冲重复频率为 26.7KHz 的 473nm 蓝光脉冲输出。

关键词: 被动调 Q; Cr:YAG; 473nm

厦门大学博硕士论文摘要库

Abstract

With the great technology advance of semiconductor, the laser diode (LD) was improved with higher power, higher efficiency and longer lifetime, which results in the fast developing of laser diode pumped solid-state lasers (DPSSL). DPSSL has many advantages, such as all-solid-state, compactness, high efficiency. Moreover the blue laser has many applications. Here the passively Q-switched blue DPSSL is investigated theoretically and experimentally. The main contents of this thesis are:

Firstly, we introduce three-level system and four-level system briefly, and then focus on analysis of a Nd:YAG crystal and its quasi-three-level system.

Secondly, we review the basic principle of Q-switched and its classification. Then the characteristic of Cr:YAG passively Q-switched is analyzed.

Thirdly, the principle of the frequency doubling is introduced briefly. We also analyze and compare several kinds of frequency doubling crystals used in generating blue laser. Then the intracavity frequency doubling characteristic of LBO is analyzed chiefly.

Lastly, we study the thermo-lens effect, which affects seriously the performance of the laser output. Based on ABCD's transmission matrix theory, we compare the difference between a linear cavity and a three-mirror-folded cavity. According to our analyses and computations above, choosing Nd:YAG as gain-medium, Cr:YAG as saturable absorber, LBO as frequency doubling crystal, we design a passively Q-switched laser diode-pumped solid-state blue laser. We also measure the average power, the repetition rate, the pulse width and then compute the peak power of 473nm blue laser output when the Cr:YAG located at different positions of the two cavities. Using linear cavity, we get a 473nm pulsed blue laser with a pulse width of 120ns, a peak power of 105w and a repetition rate of 18.6 KHz. Using V-fold cavity and Cr:YAG located in the short arm L_2 , we get a 473nm pulsed blue laser with a pulse width of 200ns, a peak power of 55w and a repetition rate of 23.9 KHz. If Cr:YAG located in the longer arm L_1 , we get a 473nm pulsed blue laser with a pulse width of 320ns, a peak power of 37w and a repetition rate of 26.7 KHz.

Key Words: Passively Q-switched; Cr:YAG; 473nm

厦门大学博硕士论文摘要库

目 录

摘 要.....	V
Abstract	VII
第一章 绪 论	1
1.1 LD 泵浦固体激光器 (DPSSL) 的发展与应用	1
1.1.1 DPSSL 的发展历程	1
1.1.2 DPSSL 的特点及应用	2
1.2 全固体蓝光激光器	3
1.2.1 全固体蓝光激光器的应用	3
1.2.2 实现全固体蓝光激光器的途径	4
1.2.3 473nm 蓝光 DPSSL 的发展	6
1.3 Cr:YAG 被动调 Q 激光器研究进展	7
1.4 本论文主要工作	8
第二章 能级系统理论	9
2.1 三能级系统	9
2.2 四能级系统	10
2.3 Nd:YAG 晶体及其准三能级结构	11
2.3.1 Nd:YAG 晶体特性	11
2.3.2 Nd:YAG 准三能级速率方程	14
第三章 调 Q 理论	19
3.1 调 Q 的基本原理	19
3.1.1 谐振腔的 Q 值	19
3.1.2 调 Q 的基本原理	19
3.2 调 Q 的类型与分类	20
3.3 Cr:YAG 被动调 Q	23
3.3.1 Cr:YAG 晶体	24
3.3.2 速率方程	25
第四章 倍频原理	29
4.1 二次谐波产生	29
4.2 相位匹配	31
4.2.1 角度相位匹配	31
4.2.2 温度相位匹配	33
4.2.3 相位匹配宽度	34
4.3 用于蓝光激光器的倍频晶体	36
4.4 LBO 的腔内倍频特性	39
第五章 被动调 Q 全固体蓝光激光器	45

5.1 腔体设计	45
5.1.1 热透镜效应	45
5.1.2 热焦距的测量	46
5.1.3 谐振腔	47
5.2 实验装置	51
5.2.1 实验平台	51
5.2.2 镀膜	52
5.2.3 测量仪器	52
5.3 实验结果	54
5.3.1 线性腔	54
5.3.2 三镜折叠腔	55
5.3.3 结果分析	59
第六章 总结和展望	61
参考文献	63
硕士期间完成论文	66
致 谢	67

Content

Abstract.....	VII
Chapter 1 General review	1
1.1 Development and applications of DPSSL	1
1.1.1 History of DPSSL	1
1.1.2 Characteristics and applications of DPSSL	2
1.2 Blue DPSSL	3
1.2.1 Applications of blue DPSSL	3
1.2.2 Ways of achieving blue laser	4
1.2.3 Development of 473nm blue DPSSL.....	6
1.3 Research progress of Cr:YAG passively Q-switched laser.....	7
1.4 Work of the Thesis	8
Chapter 2 Theory of level system	9
2.1 Three level system	9
2.2 Four level system.....	10
2.3 Nd:YAG crystal and its quasi-three-level system	11
2.3.1 Characteristics of Nd:YAG crystal	11
2.3.2 Rate equation of Quasi-three-level system of Nd:YAG.....	14
Chapter 3 Theory of Q-switched	19
3.1 Principle of Q-switched	19
3.1.1 Value of Q in resonant cavity.....	19
3.1.2 Principle of Q-switched	19
3.2 Types of Q-switched	20
3.3 Cr:YAG passively Q-switched	23
3.3.1 Cr:YAG crystal	24
3.3.2 Rate equation	25
Chapter 4 Principle of SHG	29
4.1 Second harmonic generation(SHG)	29
4.2 Phace-match	31
4.2.1 Angle phase-match.....	31
4.2.2 Temperature phase-match	33
4.2.3 Width of phase-match	34
4.3 SHG crytals using in blue laser.....	36
4.4 Intracavity frequency doubling charactertic of LBO ^[44]	39
Chapter 5 Passively Q-switched All-Solid-State Blue Laser.....	45
5.1 Design of resonant cavity.....	45
5.1.1 Thermo-lens effect	45
5.1.2 Measurement of thermal focus.....	46
5.1.3 Resonant cavity	47
5.2 Experiment setup	51
5.2.1 Experiment platform	51
5.2.2 Coating.....	52
5.2.3 Measurement instruments	52
5.3 Experiment result.....	54

5.3.1 Linear cavity	54
5.3.2 Three-mirror-folded cavity	55
5.3.3 Analysis of experiment result	59
Chapter 6 Summary and expectation	61
References	63
Published papers	66
Acknowledgements	67

第一章 绪 论

激光是二十世纪最重大的发明之一，它以高亮度、良好的方向性、相干性和单色性等特点在工业、科研、军事、医学、生物、娱乐等领域应用广泛。目前激光科学已发展成现代科学技术研究的一个重要分支，促进了非线性光学、量子光学、信息光学、激光生物学、激光化学、激光光谱学等相关学科的发展，推动人类科学技术进入新的发展阶段。其中固体激光器是激光器的一个重要发展方向。但传统的灯泵固体激光器由于效率低、热效应严重等缺点，应用受到很大限制。进入 20 世纪 80 年代，由于激光二极管（Laser Diode: LD）性能的迅速提高，极大地推动了固体激光器件、技术及应用的发展。激光二极管泵浦全固体激光器（Diode Pumped All-Solid-State Laser: DPSSL）效率高、稳定性好、光束质量高、寿命长、体积小，兼备了半导体激光器和固体激光器的双重优点，并弥补了两者的缺点，近年来发展极为迅速，被称为第二代的激光器。

1.1 LD 泵浦固体激光器 (DPSSL) 的发展与应用

1.1.1 DPSSL 的发展历程

通常把以固体材料作为工作物质的激光器称为固体激光器，例如，红宝石激光器、掺钕离子(Nd^{3+})的钇铝石榴石(Nd:YAG)激光器、掺钕离子的玻璃激光器和掺钛离子(Ti^{3+})的蓝宝石激光器(简称钛宝石激光器)等。1960 年问世的第一台激光器，就是固体红宝石激光器。40 多年来，固体激光器获得迅速发展，大致经历了以下几个阶段：

20 世纪 60 年代 DPSSL 获得迅速发展。1960 年，R.Newman 首次提出激光二极管泵浦固体激光器的思想，并于 1963 年用 GaAs 二极管在 808nm 附近的辐射去泵浦 Nd:CaWO_4 ，得到了 1064nm 受激荧光输出^[1]。1964 年，美国林肯实验室的 Keyes 和 Quist 用 GaAs 二极管激光泵浦 $\text{U}^{3+}:\text{CaF}_2$ ，得到了 2613nm 的激光输出^[2]。1968 年，美国麦道航空公司的 Ross 制造出了第一台用 GaAs 泵浦的 Nd:YAG 激光器^[3]。

70 年代，由于最初的 LD 泵浦源所具有的光束发散角大、单色性差、波长单

调、功率和转换效率低以及难以在室温下运转等缺陷，固体激光器的发展显得较为缓慢，技术上基本没有大的突破。

80 年代，由于分子束外延(MBE)、金属有机化学气相沉积(MOCVD)技术的日益成熟和量子阱(QW)、应变量子阱(SL-QW)等新结构材料的出现，使得 LD 的阈值电流明显降低，转换效率、使用寿命及输出功率成倍增长。LD 的激发波长也得到了很大的拓宽，覆盖范围已扩展到从蓝光到红外。高功率、高效率的 LD 的发展使全固态激光器 DPSSL 从此迈上了一个新台阶，固体激光器进入了被称为“复苏”的新的发展时期。

进入 90 年代后，由于 LD 技术的飞速发展和 DPSSL 设计上的优化，DPSSL 迅速发展，研究重点转向实用化和商品化。国外，Spectra-physics、SDL、Coherent 等公司分别推出了 LD 泵浦组件，带光纤耦合输出的半导体激光器以及各种型号的连续和脉冲工作的 DPSSL 激光器。国内，天津大学、清华大学、上海光机所、长春光机所、西安光机所、山东大学等单位也先后在 DPSSL 方面进行了许多研究，并取得了很大进展。DPSSL 由于体积小、效率高等优点，逐渐取代了传统灯泵浦固体激光器在世界激光器市场上的主导地位。

近年来，由于 LD 功率和效率的不断提高，激光增益介质的不断发展，非线性晶体的不断改进，DPSSL 激光器正朝着以下几个方面发展：大功率化、小型化、多波长。

1.1.2 DPSSL 的特点及应用

随着激光二极管性能的提高、价格的下降，DPSSL 激光器得到迅速发展和应用，与传统灯泵浦固体激光器相比，有以下特点：

1. 转换效率高。

传统的灯泵固体激光器，由于灯的辐射光谱很宽，不能与激光工作物质的吸收带很好地匹配，致使闪光灯的大部分能量以热的形式耗散掉，故转换效率很低。LD 的发射光谱宽度很窄(2-3nm)，通过对其工作温度的控制，使其发射波长精确地调谐到激活介质的吸收峰上，从而使泵浦光更多地用来增加反转粒子数。DPSSL 的增益介质对泵浦光的吸收效率和光谱转换效率均可大于 90%，总体电光转换效率可高达 15%以上，远高于灯泵固体激光器的 1-3%。

2. 结构紧凑，可实现小型化。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库